

PERBANDINGAN LIMBAH DAN LUMPUR AKTIF TERHADAP PENGARUH SISTEM AERASI PADA PENGOLAHAN LIMBAH CPO

Febrina Rantifa Sari^{*}, Raudhah Annissa, Abubakar Tuhuloula

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru

^{*}Email : febrinarantifasari@yahoo.co.id

Abstrak-Limbah cair kelapa sawit berasal dari unit proses pengukusan, proses klarifikasi dan buangan dari hidrosiklon. Pada umumnya, limbah cair kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi seperti 34,20% ekstrak tanpa N (komposisi kimia) dan 13,19 % Glutamat Asam (komposisi asam amino) sehingga potensial mencemari air tanah dan badan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sistem aerasi pada limbah CPO dan lumpur aktif dalam bak aerasi sehingga didapat penurunan konsentrasi BOD₅, COD dan pH effluen serta mengetahui variasi perbandingan volume antara limbah CPO dengan lumpur aktif (activated sludge) terhadap optimalisasi penurunan nilai konsentrasi BOD₅, COD dan pH effluen. Pada penelitian ini, limbah cair CPO dan lumpur aktif dimasukkan kedalam bioreaktor dengan variasi perbandingan volume. Kemudian masing-masing bioreaktor diaerasi dengan menggunakan aerator dan dilakukan pengamatan sistem aerasi terhadap penurunan nilai BOD₅, COD, dan pH nya dengan menggunakan lumpur aktif. Hasil analisa didapatkan nilai optimum terjadi pada bioreaktor C (8:2) v/v dimana perbandingan antara limbah CPO dengan penambahan lumpur aktif lebih sedikit, nilai BOD₅ 22,4 mg/L dari nilai awal 25,6 mg/L, nilai COD 42,5953 mg/L dari nilai sampel awal 65,77 mg/L begitu pula nilai MLSS dan MLVSS meningkat pada Bioreaktor C dari 52690 mg/L menjadi 71060 mg/L.

Keywords: Waktu retensi, tangki Aerasi, Lumpur Aktif, Limbah cair, BOD₅, COD.

Abstract- Liquid waste crude palm oil derived from strilizer unit, clarification unit and exiles from hydrocyclone. Liquid waste from crude palm oil industry such as 34.20% extract without N (chemical composition) and 13.19% Glutamat acid (amino acid composition) might potentially contaminate ground water and water bodies. This study aimed to determine the effect of aeration system on CPO and waste activated sludge in the aeration basin in order to get the concentration decreased BOD₅, COD and pH of the effluent and determine variations in the ratio between the CPO waste activated sludge to optimize the concentration impairment BOD₅, COD and effluent pH. In this study, liquid waste and sludge CPO inserted into the bioreactor with a volume ratio variation. Then each aerated bioreactors using aerators and aeration system was observed to decrease in value of BOD₅, COD, and pH by using activated sludge. Analysis results obtained optimum value occurs in bioreactor C (8:2) v/v CPO where the comparison between the waste activated sludge with the addition of a little more, BOD₅ value of 22.4 mg/L from baseline 25.6 mg/L, COD 42,5953 mg/L of initial sample value 65.77 mg/L as well as the value of MLSS and MLVSS increased in Bioreaktor C of 52 690 mg/L to 71060 mg/L.

Keywords: retention time, aeration tank, Activated sludge, liquid waste, BOD₅, COD.

PENDAHULUAN

Limbah cair pabrik kelapa sawit berasal dari unit proses pengukusan (sterilisasi), proses klarifikasi dan buangan dari hidrosiklon. Pada umumnya, limbah cair industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga potensial mencemari air tanah dan badan air seperti 34,20% ekstrak tanpa N (komposisi kimia) dan 13,19 % Glutamat Asam (komposisi asam amino). Sistem pengolahan lumpur aktif adalah pengolahan dengan carapembiakan bakteri aerobik dalam tangki *aerase* yang bertujuan untuk penurunan organik karbon atau organik nitrogen.

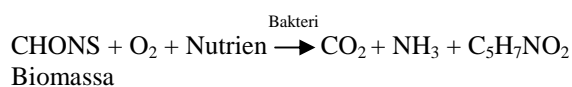
Air limbah bersama lumpur aktif masuk ke dalam tangki aerasi, dimana dilakukan aerasi terus-menerus untuk memberikan oksigen. Di dalam tangki aerasi ini, terjadi reaksi penguraian zat organik yang terkandung di dalam air limbah secara biokimia oleh mikroba yang terkandung di dalam lumpur aktif menjadi gas CO₂ dan sel baru. Jumlah mikroba dalam tangki aerasi akan bertambah banyak dengan dihasilkannya sel-sel baru.

Prinsip pengolahan limbah dengan sistem Lumpur aktif pada dasarnya terdiri atas dua unit proses utama, yaitu bioreaktor (tangki aerasi) dan tangki sedimentasi. Dalam sistem lumpur aktif, limbah cair dan biomassa dicampur secara sempurna dalam suatu reaktor dan diaerasi.

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah suatu gabungan flok (massa) yang mengandung beberapa mikroba yang heterogen yang terdiri dari berbagai bakteri, yeast, jamur dan protozoa, dan juga "*organic matter*" serta "*slime material*". Umumnya lumpur aktif mempunyai komposisi 70% - 90% bahan organik dan 10% bahan anorganik. Struktur flok lumpur aktif cenderung bermuatan negatif sebagai hasil interaksi kimia-fisika antara mikroorganisme (khususnya bakteri), partikel organik (oksida silikat, fosfat, besi), polimer eksoseluler dan berbagai kation. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO₂, H₂O, NH₄ dan sel biomassa baru. Proses ini menggunakan udara yang disalurkan melalui pompa blower atau melalui aerase mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang membentuk flok yang akan mengendap di tangki pengendapan. (Gabriel Bitton, 2005)

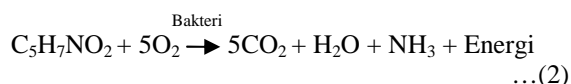
Menurut Rumontang F. S, dkk (2008) reaksi oksidasi dan sintesis sel yang terjadi adalah sebagai berikut:

Reaksi Oksidasi



... (1)

Sintesis/ Respirasi



Di dalam proses lumpur aktif, bakteri merupakan partikel biokoloid-hidrofilik yang memiliki muatan permukaan elektronegatif (Milano, 1998). Menurut Jekkins (1993), bakteri mendominasi dalam reaktor aerasi karena mampu mendegradasi senyawa organik dan mampu membentuk flok supaya biomasanya mudah dipisahkan dari *effluent* serta diharapkan mikroorganisme tersebut dapat bertahan dalam sistem pengolahan ini.

Parameter yang menggambarkan karakteristik limbah terdiri dari sifat fisik, kimia, dan biologi. Karakteristik limbah berdasarkan sifat fisik meliputi suhu, kekeruhan, bau, dan rasa, berdasarkan sifat kimia meliputi kandungan bahan organik, protein, BOD, COD, sedangkan berdasarkan sifat biologi meliputi kandungan bakteri patogen dalam air limbah (Wibisono, 1995).

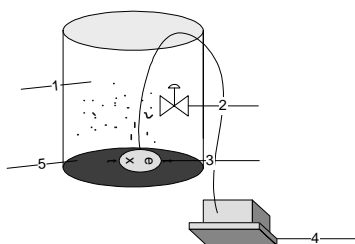
Sistem lumpur aktif dapat diterapkan untuk hampir semua jenis limbah cair industri pangan, baik untuk oksidasi karbon, nitrifikasi, denitrifikasi, maupun eliminasi fosfor secara biologis. Kendala yang mungkin dihadapi oleh dalam pengolahan limbah cair industri pangan dengan sistem ini kemungkinan adalah besarnya biaya investasi maupun biaya operasi, karena sistem ini memerlukan peralatan mekanis seperti pompa dan blower. Biaya operasi umumnya berkaitan dengan pemakaian energi listrik.

Hampir semua jenis limbah cair industri pangan dapat diolah dengan sistem lumpur aktif seperti limbah cair industri tapioka, industri nata de coco, industri kecap, dan industri tahu. Sistem lumpur aktif dapat digunakan untuk mengeliminasi bahan organik dan nutrisi (nitrogen dan fosfor) dari limbah cair terlarut. (Sri Rini Dwiari, dkk 2008)

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui variasi perbandingan antara limbah CPO dengan lumpur aktif (*activated sludge*) terhadap optimalisasi penurunan nilai konsentrasi BOD₅, COD dan pH effluen dengan sistem aerasi.

METODOLOGI PERCOBAAN

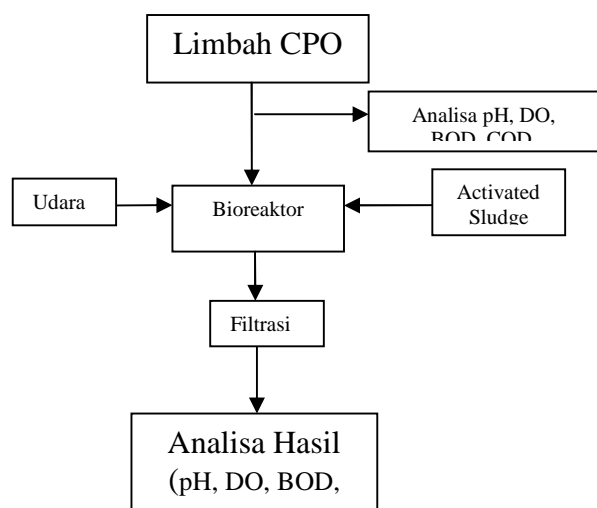
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Rangkaian Alat Bioreaktor

Sedangkan alat penunjang yang digunakan dalam penelitian ini adalah Jerigen 10L dan 25L, satu set alat titrasi, corong buchner, *stopwatch*, pH meter (*cyber scan-1000*), DO meter, neraca analitik, botol winkler, berbagai macam pipet, kertas saring *whatman GF/F 47 mm*, cawan porselin, Erlenmeyer 50 mL; 100 mL; 250 mL & 500 mL, labu takar 50 mL; 100 mL & 250 mL, gelas ukur 50 mL; 100 mL; 250 mL & 500 mL, furnace, desikator, oven, penangas air, pengaduk, pipet

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Limbah cair minyak kelapa sawit PT.Buana Karya Bhakti, Satui Kalimantan Selatan, lumpur aktif Bridgestone, Bati-Bati Kalimantan Selatan, *aquadest*, MnSO_4 , reagen alkali iodida azida, H_2SO_4 pekat, amilum 5%, Natrium tiosulfat 0,025N, larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2SO_4 4 N, asam oksalat 0,01 N, FAS 0,05 N.



Gambar 2. Skema kerja penelitian

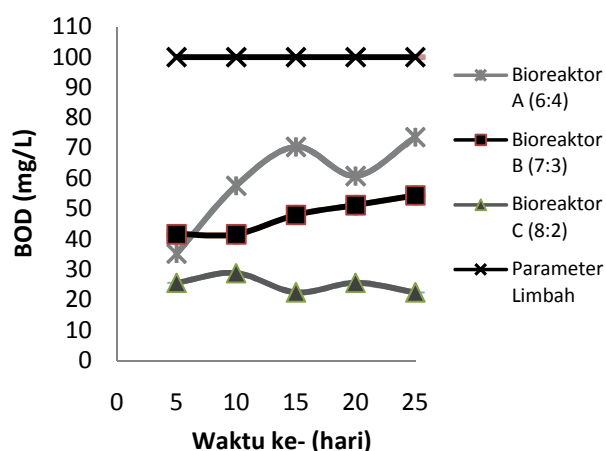
HASIL dan PEMBAHASAN

a. Pengaruh *Activated sludge* terhadap penurunan BOD

Analisa BOD diperlukan untuk mengetahui kualitas air limbah melalui banyaknya oksigen yang

diperlukan oleh mikroorganisme dalam proses biologi. Sesuai dengan definisi BOD maka limbah itu semakin jelek apabila BOD semakin tinggi. Sehingga BOD dapat dipergunakan untuk menentukan kepekatan limbah atau baik buruknya limbah juga sebagai ukuran kualitas limbah cair atau air apabila tidak ada gangguan terhadap aktivitas mikroorganisme.

Dari hasil penelitian diperoleh data yang menunjukkan pengaruh lumpur aktif dan proses aerasi ditinjau dari segi waktu dan variasinya terhadap nilai penurunan konsentrasi BOD_5 pada limbah CPO, data tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh perbandingan limbah CPO dan lumpur aktif terhadap perubahan BOD harian

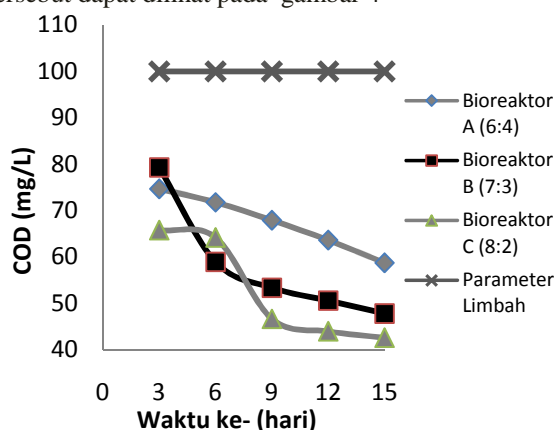
Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat, pada bioreaktor A grafik mengalami peningkatan konsentrasi nilai BOD di waktu analisis sampel pertama, hal ini dikarenakan masih terjadinya proses adaptasi akibat adanya sistem aerasi dalam pencampuran limbah CPO dengan lumpur aktif tersebut, namun di waktu kedua, yakni hari ke-10, nilai BOD menurun dari 70,4 mg/L menjadi 60,8 mg/L hingga akhirnya kembali meningkat di hari ke-20, sedangkan pada bioreaktor B, nilai BOD terus meningkat dari waktu ke waktu, namun nilainya lebih rendah dibandingkan pada bioreaktor A dan tidak terlalu signifikan peningkatannya yakni 41,6 - 54,4 mg/L, sedangkan pada bioreaktor C, dimana rasio penambahan lumpur aktifnya lebih kecil dari limbah CPOnya, nilai BOD_5 cenderung stabil dan lebih rendah yakni antara kisaran 28,8 - 22,4 mg/L.

Fluktuatifnya nilai BOD pada ketiga bioreaktor tersebut diakibatkan dari ketidakstabilan kontinuitas sistem aerasi yang mempengaruhi penurunan analisa nilai BOD_5 , dimana proses aerasi mempengaruhi hubungan nilai BOD_5 dengan kualitas air, karena oksigen yang diberikan adalah

suplai kehidupan mikroorganisme pendegradasi pada pencampuran limbah dan lumpur aktif tersebut, namun ditinjau dari variasi komposisi lumpur aktifnya, pada bioreaktor C lebih optimal mendegradasi mikroba limbah sehingga terjadi penurunan konsentrasi nilai BOD₅.

b. Pengaruh *Activated sludge* terhadap penurunan COD

Dari hasil penelitian diperoleh data per tiga hari yang menunjukkan pengaruh lumpur aktif terhadap penurunan COD pada campuran limbah cair CPO dan lumpur aktif (*Activated Sludge*), data tersebut dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4 Pengaruh perbandingan limbah CPO dan lumpur aktif terhadap perubahan COD harian.

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada hari pertama pada Bioreaktor A, nilai COD mengalami penurunan dari waktu ke waktu, begitu pula pada bioreaktor B dan C, hal ini membuktikan bahwa penambahan lumpur aktif dan sistem aerasi yang kontinu mampu menurunkan nilai konsentrasi COD limbah cair CPO selama per 3 hari dalam 5 kali pengambilan data.

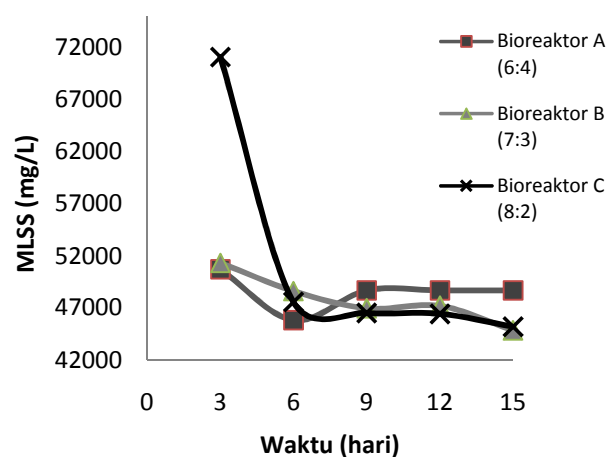
Pada bioreaktor A, nilai COD menurun dari 74,67 mg/L menjadi 58,74 mg/L, pada bioreaktor B, nilai COD 79,29 mg/L menurun hingga 47,83 mg/L, dan pada bioreaktor C, nilai COD terendah didapat pada hari ke-12 dengan nilai 42,59 mg/L dari nilai awal 65,77 mg/L, dimana penambahan lumpur aktif yang lebih sedikit perbandingannya daripada limbah CPO lebih bernilai optimum, hal ini sesuai teori dimana lumpur aktif mampu menurunkan nilai COD pada limbah namun tidak tergantung pada kuantitas penambahan lumpur aktif tersebut.

c. Pengaruh MLVSS dengan penambahan *Activated Sludge*

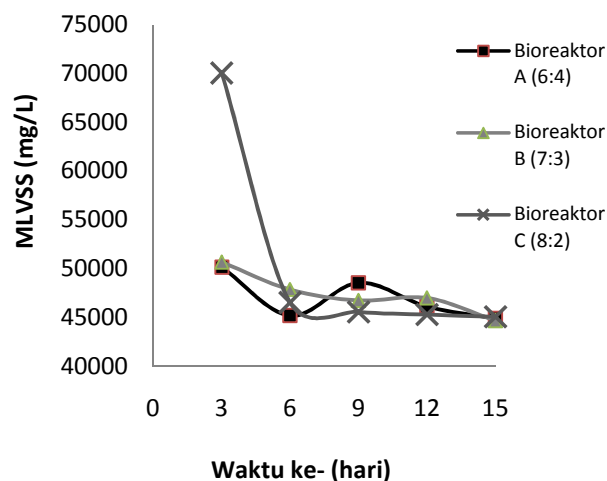
Uji MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*) merupakan uji untuk mengetahui konsentrasi

padatan berupa padatan organik dan mikroorganisme yang terkandung di dalam reaktor, dan nilai MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Suspended Solid*) adalah pendekatan untuk jumlah populasi bakteri.

Dari hasil penelitian diperoleh data yang menunjukkan nilai MLVSS pada Bioreaktor A, Bioreaktor B dan bioreaktor C dengan metode aerasi, data ini dapat dilihat pada grafik 4.3 dan 4.4 dibawah ini,



Gambar 5 Pengaruh perbandingan limbah CPO dan lumpur aktif terhadap perubahan nilai MLSS



Gambar 6 Pengaruh perbandingan limbah CPO dan lumpur aktif terhadap perubahan nilai MLVSS

Dari kedua grafik diatas menunjukkan data penurunan nilai MLSS dan MLVSS yang hampir sama sebelum dilakukan proses aerasi, konsentrasi MLSS sebesar 52690 mg/L namun seiring berjalannya waktu mengalami penurunan namun relative stabil, kecuali pada Bioreaktor C pada hari pertama yang mengalami peningkatan nilai MLSS,

dari 52690 mg/L meningkat menjadi 71060 mg/L dikarenakan aktifitas mikroorganisme pada hari pertama masih bergerak aktif (dinamis) serta kuantitasnya masih banyak.

Analisa MLSS bertujuan untuk mengetahui kuantitas padatan tersuspensi yang terkandung pada larutan dalam tangki aerasi, dengan kata lain analisis MLSS digunakan sebagai indikator yang menunjukkan kuantitas mikroorganisme pada sistem lumpur aktif. Proses perombakan bahan organik dalam limbah yang dilakukan oleh mikroorganisme secara biologi sangat bergantung pada nilai MLSS. Semakin tinggi nilai MLSS maka makin banyak nilai mikroorganisme yang ada dalam lumpur aktif, sehingga dalam suatu pengolahan air limbah terutama yang bersifat kontinyu, nilai MLSS diharapkan semakin bertambah.

Kondisi ini bisa tercapai jika suplai udara melalui proses aerasi dan kebutuhan nutrisi telah terpenuhi dengan baik untuk pertumbuhan dan perkembangbiakkan mikroorganisme lumpur aktif karena didukung dengan adanya cadangan makanan dan adanya proses aerasi sehingga memiliki kemampuan mengoksidasi bahan organik. Hal ini sesuai pendapat (Soeparno dalam Sudaryati et al, 2007) yang menyatakan bahwa mikroorganisme membutuhkan waktu yang cukup untuk berkembangbiak, dan apabila komponen yang dibutuhkan tersedia, maka mikroorganisme akan berkembang pesat. Sedangkan analisa MLVSS lebih kepada mikroorganisme yang teruapkan, dimana endapan pada sampel hasil MLSS dipanaskan sampai 550°C ke dalam furnace. Sebagian besar padatan volatil dalam sampel akan terdiri dari mikroorganisme dan bahan organik. Akibatnya, konsentrasi padatan volatil kira-kira sama dengan jumlah mikroorganisme dalam air dan dapat digunakan untuk menentukan apakah ada cukup mikroorganisme yang hadir untuk mencerna lumpur dalam bioreaktor.

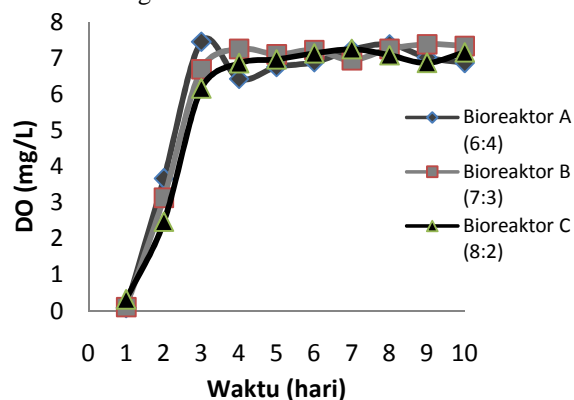
Dari gambar 5 dan 6, fluktuatifnya nilai MLSS dan MLVSS pada ketiga reaktor seiring pertambahan waktu dapat diidentifikasi sebagai menurunnya pula jumlah mikroorganisme pendegradasi didalamnya, hal ini dikarenakan kurangnya suplai nutrisi sebagai cadangan makanan mikroorganisme dalam bioreaktor yang dapat di tambahkan setelah melakukan uji MLSS, juga dikarenakan adanya gangguan sistem aerasi yang sangat mempengaruhi kualitas kehidupan mikroorganisme tersebut.

d. Pengaruh *Activated sludge* terhadap perubahan nilai DO

Analisis DO kali ini dilakukan dengan menggunakan metode elektrokimia, yakni langsung menentukan oksigen terlarut dengan

menggunakan alat DO meter yang lebih efektif dibandingkan analisa DO winkler (pentitrasian), prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit.

Berikut merupakan hasil pengukuran nilai DO dalam gambar 7.



Gambar 7 Pengaruh perbandingan limbah CPO dan lumpur aktif terhadap perubahan nilai DO (*Dissolve Oxygen*).

Dari grafik diatas menunjukkan pebandingan antara bioreaktor A, bioreaktor B dan Bioreaktor C dengan metode aerasi untuk mengetahui nilai DO, pengukuran DO dilakukan selama 10 hari, dari hari pertama sampai hari kesepuluh nilai DO secara umum mengalami peningkatan, namun dalam perjalanannya, pada hari keempat untuk Bioreaktor A, hari ketujuh untuk perbandingan Bioreaktor B, serta hari kedelapan pada Bioreaktor C mengalami penurunan nilai DO sebelum akhirnya kembali meningkat, hal ini menunjukkan bahwa, semakin meningkatnya kebutuhan DO oleh mikroorganisme seiring dengan semakin meningkatnya aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi nutrisi dalam limbah.

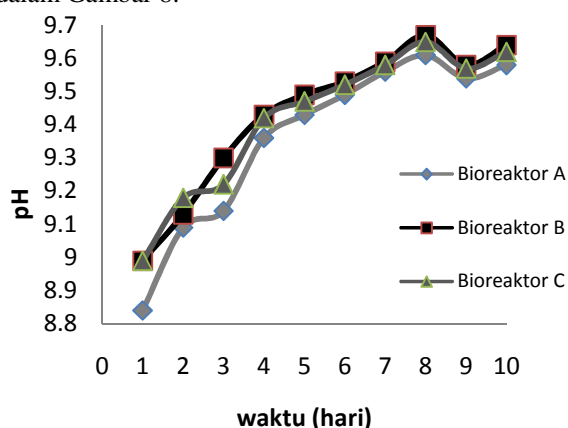
Menurut penelitian Magfirah, Fitri (2010), yang kami kutip, penurunan parameter DO tersebut karena lumpur aktif merupakan biomassa mikroorganisme aerobik, sehingga semakin tinggi jumlah lumpur aktif maka semakin tinggi konsumsi DO untuk proses metabolisme mikroorganisme hal ini sesuai dengan Karim (2007), dimana semakin tinggi aktivitas maka oksigen yang dikonsumsi semakin meningkat. Proses degradasi oleh mikroorganisme aerobik akan berlangsung optimal jika DO dan nutrisi tersedia dengan konsentrasi yang sesuai.

Menurut Arsawan et al (2007), meningkatnya jumlah mikroorganisme dapat menyebabkan berkurangnya nilai oksigen terlarut "*Dissolved oxygen*" (DO), karena sebagian besar oksigen dipakai untuk respirasi mikroorganisme tersebut.

Hal ini dapat dilihat dari hubungan antara gambar 4.5 diatas dengan gambar 4.4, dimana DO menunjukkan pengaruh terhadap nilai MLVSS, saat nilai DO menurun, nilai MLVSS meningkat yang dapat dikatakan kondisi mikroorganisme masih banyak dan dinamis sehingga menurunkan nilai DO.

e. Pengaruh *Activated sludge* terhadap perubahan nilai pH

Berikut merupakan hasil pengukuran nilai pH dalam Gambar 8.



Gambar 8 Pengaruh perbandingan limbah CPO dan lumpur aktif terhadap perubahan nilai pH

Kehidupan mikroorganisme dalam cairan memerlukan keadaan lingkungan yang cocok antara lain pH, suhu, dan nutrisi. Derajat keasaman pada mikroba yaitu antara pH 5-9. Oleh karena itu limbah cair PKS yang bersifat asam (pH 4-5) merupakan media yang tidak cocok untuk pertumbuhan bakteri, maka untuk mengaktifkan bakteri cairan limbah PKS tersebut harus dinetralisasi.

Dari hasil pengukuran pH selama 10 hari dengan menggunakan pH meter didapatkan nilai pH pada Bioreaktor A, bioreaktor B dan Bioreaktor C berkisar 8,43-9,65, hal ini sesuai dengan teori bahwa pH limbah industri CPO bersifat basa yang sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisme dalam membantu proses penurunan nilai BOD dan COD limbah cair CPO.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses aerasi mempengaruhi kehidupan mikroorganisme yang terkandung dalam lumpur aktif sehingga terjadi penurunan konsentrasi nilai BOD₅ yang sesuai dengan baku mutu limbah industri untuk dapat dibuang atau diolah kembali ke lingkungan.

2. Dari keseluruhan analisa baik BOD₅, COD, MLSS, MLVSS, DO dan PH didapatkan nilai optimum terjadi pada bioreaktor C (8:2) dimana perbandingan antara limbah CPO dengan penambahan lumpur aktif lebih sedikit, nilai BOD₅ 22,4 mg/L dari nilai awal 25,6 mg/L, nilai COD 42,5953 mg/L dari nilai sampel awal 65,77 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Bitton, G. 2005. "Waste water Microbiology 3rd edition". John Wiley & Sons, inc, New Jersey
- G Wibisono., 1995, "Sistem Pengelolaan dan Pengolahan Limbah Domestik", Jurnal Science 27.
- Jenkins D. 1993. *Manual on the Cause & control of Activated Sludge Bulking and Forming*. Ed ke-2. London: Lewis Publisher
- Magfirah, Fitri., 2010, "Skripsi : Pengaruh Waktu Retensi Aerasi terhadap Nilai BOD₃, TSS, Amonia dan pH Efluen Limbah Cair Tahu pada Sistem Lumpur Aktif", Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, UNLAM : Banjarbaru.
- Milano P. 1998. "Bioflokulasi Mikroorganisme dan peranannya dalam Pengolahan air limbah secara Biologis", JKTI, 8, No.1-2, Desember.
- Rumintang F Sirait, dkk., 2008, "Mekanisme Penguraian Limbah Cair Organik secara Aerob", Jurusan Teknik Kimia, Medan:USU
- Sri Rini Dwiari, dkk., 2008, "Teknologi Pangan Jilid 2 untuk SMK", Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat, Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional: Jakarta.